

Prilogodba: prof. dr. sc. Zvonimir Kaić
Prijevod: Danijela Matošević i Ivan Puhar

POVIJEST DENTALNOG AMALGAMA

Jose Ignatio Soler, Joseba Ellacuria, Rodrigo Triana, Eduardo Guinea i John W. Osborne
Journal of the History of Dentistry/Vol. 50, No.3/November 2002.

Činjenice: Slitina srebrnog amalgama se upotrebljava kao stomatološki restorativni materijal od početaka restorativne stomatologije. Istaknuo se kao materijal kojim se lako rukuje i jeftin je u usporedbi sa drugim restorativnim materijalima tog vremena, ali je imao lošu dimenzijsku stabilnost i kliničko ponašanje. Istraživanja koja su slijedila dovela su do standardizacije i njegovog sastava i njegovih mehaničkih svojstava, što je doprinijelo njegovoj širokoj prihvaćenosti. Usprkos tome, rizik od toksičnosti žive i loša estetska svojstva su potaknula potragu za alternativnim i obećavajućim materijalima. Trudit ćemo se da u ovom članku damo kratki povijesni opis glavnih zbivanja koja su dovela do razvoja modernog stomatološkog amalgama.

Značajke: Zaključeno je da je obimno znanje o upotrebi učinilo slitinu srebrnog amalgama najraširenije upotrebljavan materijalom za stražnji dio usne šupljine. Ipak, prošlih godina je njegova prevaga dovedena u pitanje usprkos tome što su predložene neke inovativne ideje koje bi mogle pomoći u unapređenju ovog materijala u budućnosti.

Počeci

Tragovi riječi "amalgam" pratimo do srednjovjekovne alkemije. Podrijetlom je od arapske riječi "el malgham", koja dolazi od grčke riječi "malagma", a koja je pak upotrebljavana za opis sastava metala sa sadržajem žive. Alkemijski simbol amalgama je Papinski križ iznad polukruga.

U Kini, u Su Kingovim medicinskim časopisima (659. godine) i u kasnijim radovima Ta-KuanPen Tsaoa od Tang Shei-Wei (1108. godine) spominje se srebrna pasta za restoraciju zubi. Kasnije, tijekom perioda Minga, su i Liu Wen-ti godine 1505. i Lin Shih-Chen 1578. opisali formulu za amalgam od koje je nastao materijal za ispune jednako trajan kao i onaj od srebra.

U Francuskoj materijal za ispune se sastojao od osam dijelova bizmuta, pet dijelova olova i tri dijela kositra od čega se pravila restorativna pasta. Jedan dio žive se dodavao da se ubrza proces. Mješavina je zagrijavana do 1000C i lijevana direktno u kavitet zuba. Bila je poznata pod nazivom "Arcetov mineralni cement" u čast kemičara tog vremena. Patnje pacijenata od iznimne vrućine metala bile su velikim dijelom ublažene 1818. kada je Regnart, koji se smatra ocem amalgama, reducirao temperaturu na 600C povećavajući koncentraciju žive do 10%.

Ispune od srebrnog amalgama je usavršio Taveau u Francuskoj 1826. Koristeći tadašnje srebrne novčiće i miješanjem ispuna sa živom uspio je napraviti plastičnu smjesu koja je eliminirala potrebu za zagrijavanjem. Budući da su novčići bili legure sa bakrom, čini se da je to bilo prvo uvođenje tog elementa u stomatološke slitine. U Engleskoj je ovaj materijal nazivan "mineralni cement".

Srebrne i zlatne ispune su u Ameriku doveli Le Mayeur i Gardette, dva Francuza koji su stigli sa francuskim savezničkim trupama za vrijeme Američkog rata za neovisnost i kasnije služili u kolonijalnoj mornarici. Tijekom tog vremena stomatolozi su bili i brijači/liječnici koji su, pored prakticanja medicine razvili određene stomatološke vještine kao naučnici kod drugih zubnih praktičara (dental practitioners). Korištene tehničke metode bile su u mnogim slučajevima tajne i značajno individualno različite, znanje je bilo tajna i značajan ekonomski trošak za one koji su htjeli praktisirati stomatologiju.

J. Lefoulon je 1841. prvi put skrenuo pažnju na srebrni amalgam u svojoj knjizi "Nove teoretske rasprave i praksa u stomatologiji". Uspoređujući dva tipa amalgama, Regnartov cement i Taveauovu pastu, podupire prvog, budući da je Taveauova pasta imala nekoliko nedostataka. To su bili ružna diskoloracija, brza kontrakcija, poroznost i živine pare koje bi mogle uzrokovati gingivne infekcije.

Braća Crawcour, Englezi s francuskim podrijetlom, su 1833. upoznali Ameriku sa srebrnim ispunima, nazivajući ih "Kraljevski mineralni cement". Prije toga, tehnike punjenja zuba bile su skupe, bolne i komplicirane. Crawcouri su tvrdili da mogu sa novim amalgamom ispuniti kavitet manje bolno za pacijenta za otprilike dvije minute. U danima prije anestezije javnost je jako cijenila bilo koju metodu punjenja kaviteta kojom se trebalo ukloniti samo vanjsko tkivo.

Braća Crawcour su sa ovom tehnikom postigli neposredni ekonomski uspjeh, naširoko putujući sa svojom prijenosnom zubnom klinikom u vagonu vlaka. Ipak, problem oštećenog ili inficiranog tkiva i ozbiljni problemi sa ekspanzijom amalgama su ostali. Također se povećala percepcija o suvišku žive koja se oslobađala prilikom žvakanja i dovodila do trovanja.

Spor zlatni ispun/ amalgam uzrokovao je mnogo rasprava u US i bio razlogom prvog "Amalgamskog rata" koji je podijelio stomatološku profesiju: "etički" zubari s jedne strane koji su koristili zlatne ispune i "neetički" zubari koji su koristili amalgamske ispune. Američko društvo zubnih kirurga je presudilo da je uporaba amalgama vitium artis (malpractice). Usprkos tome, budući da je stavljanje zlatnih ispuna bila skuplja metoda za restoraciju zuba, jeftinija i lakša metoda korištenja srebrnog amalgama nastavila je biti popularna među pacijentima.

Tijekom tog vremena korišteni su uglavnom španjolski i meksički novčići za pravljenje amalgamskih slitina. Iskušane su mnoge kombinacije slitina, kao ona koju je razvio Charles Thomas iz Londona i Thomas W. Evans u Parizu koji je uveo amalgam od čistog kositra sa malim količinama kadmija. Ipak, nisu imali puno uspjeha zbog diskoloracije i primjetne ekspanzije. Godine 1855. dr. Townsend iz Filadelfije je zamijenio osnovnu slitinu onom koja je sadržavala četiri dijela srebra i pet dijelova kositra. Amalgam se držao u tarioniku ili na dlanu ruke i dodavala se živa te se smjesa miješala dok nije postignuta potrebna konzistencija. Mješavina se onda ispirala u alkoholu ili amonijaku, zamatala u rupčić i bila gnječena da se ukloni suvišna živa. Konačno, mješavina se nabijala u kavitet. Ova modificirana amalgamska slitina se nastavila koristiti sve do 1863. usprkos problemima s kontroliranjem ekspanzije ili kontrakcije.

Jedan od ranih instrumenata za amalgam pojavila se 1867. i nazivan je "Amalgam Handler". Na jednom kraju bila je mala kuhača za uzimanje potrebne količine materijala za ispun, a na drugom kraju špatula koja se koristila za miješanje amalgama i kasnije za punjenje kaviteta. Otprilike u isto vrijeme pojavile su se posude za amalgam, napravljene od drveta. Do kraja 19. stoljeća bili su dostupni i kondenzori za amalgam, tarionik i specijalni tučci za miješanje amalgama.

J. Foster Flag je 1877. osnovao prvi organizirani pokret u korist amalgama, nazvan "Novi polazak". U isto vrijeme iznio je nekoliko eksperimenata s postojećim slitinama i promijenio je sastav, sa šest dijelova srebra i četiri dijela kositra, te malim količinama drugih elemenata. Rezultate tih istraživanja objavio je 1877. u svojoj knjizi "Plastika i plastični ispun" (Plastic and Plastic Filling), 15 godina prije studija G. V. Blacka. Ovo je bio prvi ozbiljni znanstveni rad o srebrnom amalgamu. Štoviše, ustanovio je da je ekspanzija amalgamske paste uzrokovana sadržajem srebra, a kontrakcija zbog sadržaja kositra. Ipak, Flagovi zaključci bili su više teorijski nego praktični.

Greene Vardiman Black, koji se smatra ocem moderne stomatologije, ustanovio je znanstvene temelje za proizvodnju i uporabu srebrnog amalgama. Godine 1895. objavio je članak u Stomatološkom Kozmosu u kojem je opisao kako je, od svih slitina koje je testirao, postigao najbolji rezultat kada je zamijenio pet postotaka srebra sa bakrom u slitinama koje su sadržavale 72% srebra i 27% kositra.

S. S. White Company je 1900. reklamirala leguru napravljenu od 66.9% srebra, 26.5% kositra, 4.9% bakra i 1.7% cinka baziranu na Blackovim studijama i nazvala ju "True Dentalloy". Smatra se da je to prva uravnotežena konvencionalna slitina s obzirom na svoju jedva primjetnu ekspanziju.

Prahovi komercijalnih slitina nisu bili uniformni u to vrijeme i njihov sastav se enormno razlikovao do jedne kompanije do druge. Čak su postojale varijacije između peći iste kompanije. Dodatno, Prvi svjetski rat doveo je mnoge mlade američke vojnike po prvi put kod zubara. Američka vlada kupila je velike količine stomatološkog amalgama. Ono što je kupila bilo je od najniže ponude i stoga obično vrlo loše kvalitete. Zbog razlika i nedostatka specifikacija (odredbi) Američka flota Tijela zubara (American Armada of the Body of Dentists) je nakon Prvog svjetskog rata apelirala na znanstvenike Nacionalnog biroa za standarde za njihovu pomoć u uspostavljanju specifikacija za stomatološki amalgam. Taj standard je bio baziran na studiji fizičkih svojstava dobrih amalgama. Ova specifikacija je trebala poslužiti kao osnova za kupovinu amalgamskih materijala različitih vladinih organizacija. Najistaknutiji znanstvenici u Birou bili su Wilmer Souder i Chauncey Peters. Rezultat njihovog istraživanja objavili su u članku u Stomatološkom Kozmosu 1920. pod nazivom "Istraživanje o svojstvima stomatoloških materijala". Ovaj članak je bio osnova za Dokument br. 157 koji je razlog za Federalnu specifikaciju br. 356 godine 1925.

Između 1928. i 1929. postojeće amalgamske slitine na tržištu su bile testirane i od 44 većina je bila loše kvalitete, sa samo 18 odobrenih. Usprkos protestima onih proizvođača čije su slitine bile ispod standarda, ova istraživanja su, skupa s detaljima Specifikacije br. 356, poslužile kao osnova za ANSI/ADA Standard br. 1 za stomatološki amalgam. Ovaj obavezni standard regulirao je Obavezni je standard regulirao sastav i strukturne osobine legura te je sa tržišta povlačio neadekvatne legure koje nisu zadovoljavale zahtjeve specifikacija. (Harvey, 1946.)

Do 1930. godine mnogi su stomatolozi ručno pripremali amalgam pomoću tučka i tarionika. Premda je ovo smatrano opasnim, nije bilo zabranjivano sve do pojave prvog amalgamatora, "Wig- L- Bug", predstavljen 1937. od Crescent Dental Mfg. Co.. Istraživanje Sweeneyja i Phillipsa 1940. utjecalo je na razumijevanje strukturnih karakteristika amalgama. (Sweeney, 1944.; Phillips, 1944.)

U prvoj četvrtini prošlog stoljeća, Gayler i Troiano objasnili su mikroskopske karakteristike i osnovne principe skrućivanja. Kasnije je ovo dovršio Moffett i potvrdio Otani. Ovaj je proces ostao gotovo nepromijenjen do današnjih dana. (Gayler, 1937.; Troiano, 1938.; Moffett, 1952.; Johnson, 1967.; Otani, 1970.)

Pedesetih i ranih šezdesetih godina 20. stoljeća stomatolozi su koristili mehaničke amalgamatore te su mogli regulirati udio žive. Tako su mogli povećati početnu snagu amalgama. U stvarnosti, ograničenja nametnuta Specifikacijom No.1 ADA-e dopuštala bi samo promjenu kinetike reakcije; štoviše, početna fizikalna svojstva svih certificiranih amalgama ostala su jednake kvalitete nakon dva sata trituracije i postigla maksimalnu čvrstoću nakon 24 do 48 sati. Sa ciljem poboljšanja početne čvrstoće, struka je težila proizvesti legure koje bi bile suše, bez zinka, sa finijim česticama i lakše za poliranje. Bili kako bilo, sve ove promjene nisu imale vidljivog efekta u kliničkom uspjehu dentalnih restoracija zahvaljujući određenim faktorima, uključujući prisutnost žive. (Phillips & Boyd, 1947.; Phillips, 1957.; Eames, 1959.)

1959. Wilmer Eames je predstavio jedan od najutjecajnijih radova u stomatologiji. Predložio je da omjer živa/legura bude 1:1 ili sa minimalnim sadržajem žive. Ovo je eliminiralo trošan i potencijalno opasan proces istiskivanja iz amalgama sa starim omjerom 8:5. Unutar nekoliko godina svi su proizvođači na tržište izbacivali legure sa minimalnim sadržajem žive te je istiskivanje žive sa komadićem tkanine postala stvar prošlosti. Do 1962. sferični prašci su se proizvodili spray tehnologijom iz praškastih partikala normalne veličine. (Eames, 1959.; Probst, 1961.; Demaree & Taylor, 1962.)

Moderno doba

1962. Williama Youdelisa sa Department of Mines and Metallurgy (University of Alberta, Canada) izazvao je njegov brat Ralph, profesor na University of Washington, da pokuša poboljšati amalgame tehnikom disperzije. U to su vrijeme tradicionalni amalgami bili skloni ekscesivnoj koroziji, rubnoj pukotini i slabim strukturnim svojstvima zbog prisutnosti nemetalne komponente Sn- Hg, tzv. gamma- 2 faze. (Innes & Youdelis, 1962.; Jorgensen, 1965.; Asgar & Suftin, 1965.; Young & Johnson, 1967.; Jorgensen & Saito, 1970.; Holldan & Asgar, 1974.)

Zahvaljujući osobnoj pomoći dr. Cosma Castaldi i 7000 \$ nagrade Canadian Medical Research Foundation, dr. Youdelis je unutar dvije godine razvio amalgam drugačijeg sastava. Uključujući koncepciju poboljšanja disperzije (proces koji je bio vrlo popularan za aluminijske legure u aeronautičkoj industriji) uspio je proizvesti amalgam koristeći bakar- srebro mješavinu. Legura je nazvana Dispersalloy?. (Crawford, 1989.)

Teorija iza nove amalgam legure je bila deformacija metala udružena sa nadoknadom serije linearnih defekata ili dislokacijama. Temeljni se princip poboljšanja sastojao lomljenju jedne metalne faze drugom kako bi se osiguralo istiskivanje i spriječilo pucanje. Vjerovalo se da se čvršće legure mogu postići poboljšanim strukturnim svojstvima, slično kao i starije legure. (Grant & Preston, 1957.) Disperzija se sastojala od sitnih sferula mješavine Ag- Cu (omjer 2:1) koje bi se dodale leguri konvencionalnog sastava. Rezultat je bila 600%- tna redukcija promjene oblika, 30%- tno povećanje izdržljivosti i redukcija korozije u usporedbi sa tradicionalnim legurama. (Innes & Youdelis, 1962.)

Ovo je otkriće prvi put prezentirano na simpoziju International Association for Dental Research u St. Louisu. Svejedno, postojao je generalni skepticizam pošto je legura imala 12% bakra, što je bilo u suprotnosti sa 6% koje je nalažala ADA Specification No.1. Osim toga, stomatolozi koji su koristili ovu leguru u svojoj praksi su smatrali da je rukovanje jako nepraktično. (Greener, 1979.; Crawford, 1989.)

Pokusi provedeni prije 1960. su utvrdili da se amalgam ekscesivno širi ako je bakar zamijenjen kositrom u količini većoj od 5%, ali se ovo ne bi pojavilo ako bi se zamijenio srebrom. Amalgami sa većim sadržajem bakra su prethodno bili testirani, ali njihova poboljšanja nisu primjećena zbog krive interpretacije rezultata i nedostatka kliničkih testova. (Greener, 1979.)

Dr. Youdelis je uz pomoć mr. Fred Duryja, izvršnog direktora uljne industrije, osnovao Western Metallurgical, Ltd. of Edmonton (Canada). 1964. je počeo prodavati leguru sa različitim uspjehom. Nakon nekog je vremena dr. Dave Mahler (University of Oregon) počeo ono što se danas smatra klasičnom kliničkom studijom koja je uspoređivala Dispersalloy? i tradicionalne amalgamske legure. (Mahler, 1970.)

Za vrijeme prve dvije godine ovog kliničkog projekta dr. Morris Weikel je promatrao restoracije u studiji- bio je toliko impresioniran rezultatima da je otišao u Kanadu gdje je pokrenuo proizvodnju, dobio prodajna prava za Dispersalloy? te započeo sa marketingom. Legura se nije prodavala sve do 1971. kada su Mahlerovi podaci postali dostupni. Dr. Weikel je iskoristio priliku 1972./73. i Johnson & Johnsonu prodao leguru. (Crawford, 1989.)

Nekoliko je kliničkih studija pokazalo superiorno kliničko ponašanje legure iako je bilo dokazano da se takav napredak ne može pripisati očvršćenju disperzijom. Za takav efekt dvije esencijalne premise trebaju biti zadovoljene: prvo, prisutnost delikatnog kristalnog taloga uniformno raspoređenog među kristalnim česticama (ovo nije bilo moguće jer pojedine sferule nisu reagirale); drugo, talog mora biti čvršći od kristala same legure (razlika je bila svega 10 Vikersa). (Greener, 1979.; Grant & Preston, 1959.; Innes & Youdelis, 1962.)

Dr. Mahler i dr. Asgar (profesor na University of Michigan) zajedno su predstavili kratki pregled na IADR 1979. kojim su pokazali je pravi razlog kliničkog uspjeha legure sa visokim sadržajem bakra vezanje bakra za kositar. Ovo je onemogućavalo da se živa veže u određenoj količini i formira gamma- 2. (Asgar, 1979.; Mahler, 1979.)

1973. je počela potraga za amalgamima sa više bakra koji bi manje mijenjali oblik kada je dr. Kamal Asgar predstavio leguru od pojedinog sferičnog sastava. Legura se sastojala od 60% srebra, 27% kositra i 13% bakra. (Asgar, 1974.)
Kod amalgama sastavljenog od dviju različitih čestica, zbog posebnog termičkog tretmana, bakar pretežno reagira sa kositrom i formira intermetalnu komponentu (Cu₆Sn₅). Ova se reakcija mijenja tijekom vremena i nalikuje Asgar-Mahlerovoj teoriji. (Reisbeck, 1977.; Asgar, 1971.; Mahler, 1974.)

U legurama pojedinog sastava bakar (inače topljiv do 2% u srebro- kositar legurama) formira talog Cu₃Sn fazu Cu- Sn dijagrama. Talog se formira u čestici matriksa originalne legure, uniformno se raspoređuje i ima raniji reaktivni kapacitet nego legure sa dispergiranom fazom. (Durand, 1993.; Mahler, 1997.)

Iako je eliminacija gamma- 2 faze smatrana odgovornom za superiorno kliničko ponašanje ove legure s visokim udjelom bakra u usporedbi s konvencionalnim legurama, (Eames & NcNamara, 1976.; Eyden, 1973.; Duperon, 1971.; Osborne, 1976.; Leinfelder, 1980.; Osborne, 1980.; Leinfelder, 1983.; Brown, 1984.; Osborne & Norman, 1990.; Smales, 1991.) precizne strukturne faze bogate bakrom nisu nikada u potpunosti objašnjene kako mikrostrukturalne faze bogate bakrom s vremenom korodiraju. (Espevick, 1977.; Marek, 1983.) Gamma- 2 ima kontinuiranu trakastu strukturu u amalgamskoj mikrostrukturi. Korozija te mikrostrukture je dopuštena tamo gdje je je Cu- Sn faza izolirana i gdje proces nije kontinuiran. Ipak, ovo ne mora biti jedini uzrok. Mala promjena oblika, veličina čestica, sastav legure i udio žive igra važnu ulogu. (Smales, 1991.; Mahler, 1975.; Mahler & Adey, 1977., 1979.) Tražile su se alternative obojnim sustavima što nije bilo u skladu sa zahtjevima patenta. Kod amalgama sa dispergiranom tehnologijom razvijen je sustav koji je sfere smještao u hiper- i hipo-eutektični sastav. Kod legura pojedinog sastava predlagana je prodaja legura sa niskim udjelom srebra (Mahler, 1977.) Ipak, klinička su ispitivanja pokazala da su ovakve legure inferiorne u usporedbi s onima s većim udjelom srebra. (Osborne, 1990.)

Zahvaljujući uspjehu amalgama s visokim udjelom bakra, ADA Specification No.1, koja je već prošla neke manje promjene tijekom 1940-ih i 1960-ih, ponovno je promijenjena 1970-ih zbog novih otkrića. Ovo je omogućavalo promjene sastava praška legure dentalnog amalgama. (vidi: **Tablica 1**) Legura je i dalje bila prvenstveno od srebra i kositra sa manjim udjelom ostalih elemenata (ADA Council on Dental Materials and Devices, 1977.)

Metal	Spec. No.356 (1925.)	Spec. No.1ADA (1929.)	Revidirana spec. No.1ADA (1977.)
Srebro (Ag)	65-70%	min. 65%	prevladava
Kositar (Sn)	26-29%	min. 29%	prevladava
Bakar (Cu)	3-6%	maks. 6%	manje od Ag i Sn
Živa (Hg)	nije reguliran	maks. 3%	manje od Ag i Sn
Zink (Zn)	0-2%	maks. 2%	>0,01

TABLICA 1.
Evolucija srebrnih amalgama u specifikacijama (SAD)

Pošto se visoka otpornost prema koroziji smatra jednim od najpouzdanijih ograničavajućih karakteristika kliničkog ponašanja ovih restorativnih materijala, neke novije studije tvrde da dodatak manjih količina nekih metala omogućuje eliminaciju manje otpronihi mikrostrukture. Dodatak paladija prašku legure u količini manjoj od 3% čini se da značajno reducira promjenu oblika, rubnu pukotinu i koroziju. (Greener, 1988.) Slično tome, dodatak cinka amalgamu u količini manjoj od 0,5% pomaže u odstranjenju oksida i nečistoća iz originalne legure. Zanimljivo je da cink ima velik pozitivni efekt u kliničkim slučajevima, smanjuje rubnu pukotinu zbog čega ispun dulje traje. (Letzel, 1997.; Osborne & Berry, 1992.) Ipak, najviše stomatologa vjeruje da nečiste cink legure pokazuju odgođenu ekspanziju. Premda je ovaj fenomen uočen 1940- ih kod legura s niskim udjelom bakra, kod legura sa visokim udjelom bakra nije nađen. Nekoliko radova je iznijelo podatak koji strogo upućuju da legure sa cinkom i visokim udjelom bakra ne pokazuju kasniju ekspanziju. Još uvijek je preporučljivo da se kontaminirani amalgamski ispuni hitno zamijene zbog velike poroznosti, slabe čvrstoće, promjene oblika i slabe otpornosti na koroziju, a ne zbog ekspanzije. (Yamada & Fusayama, 1981.; Osborne & Howell, 1994.)

1980-ih rastao je interes za sigurnost dentalnih amalgama iako su tolerancija i efekti bili dobro poznati (Van Noort, 1989.; ADA statement, 1991.; FDI Tehnical Report 33, 1989.); današnji interes za toksične otpadne produkte pokrenuo je potragu za alternativama. (Tyas, 1994.) Zanimljivo je bilo da je strah od žive zamijenjen pitanjem estetike.

Pokušavalo se termodinamički stabilizirati leguru kako bi se manja količina žive otpuštala za vrijeme pripreme amalgama. Dodatak do 30% indija prašku i tekućini rezultirao je legurama kod kojih se količina žive očito smanjila za vrijeme tritracije. (Johnson & Powell, 1992.; Okabe, 1994.; Hero, 1995.) Klinička upotreba se nije smanjila. Upotrebu su smanjivali: jako mutna površina, slabo rubno brtvljenje i potreba za relativno skorom promjenom ispuna.

Namjera da se amalgam direktno zamijeni metalnim materijalima dovela je do pojave dva važnija restorativna materijala. Jedan je pokušaj bio da je živa zamijeni galijem. (Puttkamer, 1928.) Galij je rijetki srebrno- bijeli element koji pomiješan sa kositrom i indijem postaje tekuć pri sobnoj temperaturi. (Okamoto & Horibe, 1991.)

Od 1940- ih do 1970- ih razvijeno je i patentirano nekoliko galij legura sa svrhom zamjene srebrnih amalgama na dentalnom tržištu, (Lyle, 1952.; Smith & Caul, 1956.; Waterstrat, 1969.) 1982. u Australiji su Southern Dental Industries Ltd. razvile galij leguru korištenjem svoje legure, Logic. Nova je legura nazvana Galloy te je bila prva legura ponuđena svjetskom tržištu. (SDI Ltd., 1993.)

Kasnije (1990.) japanska je vlada odobrila prodaju galij amalgama koji je razvio Tokuriki Honten Company, nazvan Gallium Alloy GF. Prašak se uglavnom sastojao od srebra, kositra, bakra i paladija te bi se miješao sa tekućom legurom od galija, indija i kositra. Ista je tvornica kasnije proizvela sličnu galij leguru sa nižim sadržajem paladija, Gallium Alloy GF2. (Okamoto & Horibe, 1991; Oshida & Moor, 1993.) Dokazano je da ove legure nisu bile zadovoljavajuće za klinički rad. Brojne su kliničke studije dokazale veliku postoperativnu osjetljivost, frakture zuba te čestu potrebu za endodontskom opskrbom nakon što bi bile korištene. Ove probleme nisu našla klinička istraživanja provedena na drugim restorativnim materijalima. (Mash, 1993.; Osborne & Summitt, 1999.)

Noviji radovi govore da se galij legure ekscesivno šire te da je ovo uzrokovano korozijom klorom u matriksu same legure. (Osborne, 1990.)

Pri U. S. Department of Commerce razvijena je grupa metalnih legura, bez površnog sloja oksida, miješanjem sferičnih čestica intermetalnog srebra i kositra. Ove metalne legure su se mogle zajedno povezati pod pritiskom "in situ" pri tjelesnoj temperaturi. Ove su legure još uvijek u eksperimentalnoj fazi. Ipak, obećanje da će biti klinički korisne ograničeno je rapidnim naprežanjem za vrijeme kondenzacije zbog čega su izrazito teške za kondenzaciju. Naprežanje ostavlja praznine u materijalu te je odgovorno za slabu adaptaciju. (Dariel, 1996.; Xu, 1998.)

Zaključak

Dentalni je amalgam prošao brojne promjene otkako je originalno predstavljen u kineskoj literaturi. U prošlom je stoljeću došao na svoje u stomatologiji. Najviše je korišten restorativni materijal prvenstveno zbog svoje izdržljivosti i lagane manipulacije. Napredak G. V. Blacka, posebni programi te visok udio bakra samo su neka monumentalna otkrića. Objavljeno je nekoliko zamisli kako bi se dodatno poboljšali restorativni materijali. Bilo kako bilo, zbog estetike se vjerojatno neće ni testirati, a amalgam kakvog danas poznajemo će postepeno nestajati iz stomatološke opreme.